

# Digitales Temperaturmesser DTM 1

PETER WITTHAUER

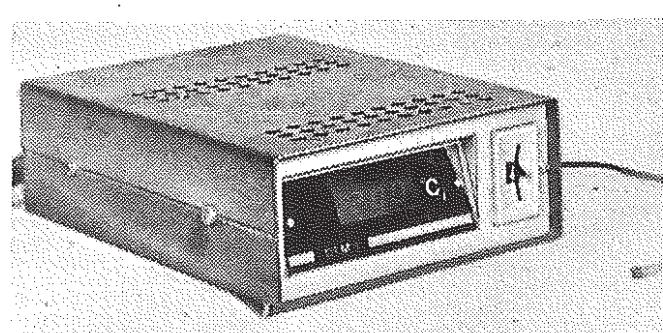
Mitteilung aus dem VEB Funkwerk Erfurt

## Anwendung

Mit dem digitalen Temperaturmesser DTM 1 lassen sich Temperaturen im Bereich von 0 bis 150 °C messen. Der kleinste angezeigte Meßschritt beträgt 0,1 K. Das DTM 1 gestattet es, bis zu zehn Temperaturfühler anzuschließen, die durch einen Vorwahlschalter auf der Frontplatte des Gerätes angewählt werden können. Damit ist es z. B. möglich, in Geräten die Temperaturverteilung rationell festzustellen. Dabei können die nach Vorschrift gefertigten Fühler auch an spannungsführenden Teilen mit einer Spannung bis zu 250 V angebracht werden. Die Länge der Anschlußleitungen der Fühler ist im Normalfall 1,5 m; sie ist aber erweiterbar, so daß auch entferntere Meßpunkte abgetastet werden können. Die geringen Abmessungen und die geringe Wärmekapazität gestatten es weiterhin, auch kleine Wärmequellen auszumessen.

## Wirkungsweise

Die Temperaturmessung beruht auf der Temperaturabhängigkeit von  $U_{BE}$  von Transistoren. Die hier verwendeten Transistoren SF 216 D haben einen Temperaturkoeffizienten von etwa  $-2,0 \text{ mV/K}$  und im Temperaturbereich von  $-50...+150^\circ\text{C}$  eine Linearitätsabweichung  $\pm 1 \text{ K}$  [1]. Die als Fühler dienenden Transistoren werden dabei mit kurzgeschlossener Basis-Kollektortrecke und einem Konstantstrom von etwa 1 mA betrieben. Die in Reihe zu den Fühlern liegenden 100-Ω-Stellwiderstände die-



nen zum Ausgleich der unterschiedlichen  $U_{BE}$  der einzelnen Fühler.

## Verstärker, A-D-Umsetzer (Bild 1)

Den Konstantstrom für die Fühler liefert die mit dem Transistor  $T_2$  und dem Widerstand  $R_3$  realisierte Stromquelle. Durch eine weitere Stromquelle ( $T_1$ ,  $R_2$ ) wird eine Referenzspannung an  $P_1$  erzeugt, die dem invertierenden Eingang des Eingangsverstärkers  $IS_1$  zugeführt wird und die  $U_{BE}$  bei  $0^\circ\text{C}$  der Fühler kompensiert, so daß nur die durch Temperaturänderung erzeugte Differenzspannung verstärkt wird. Als Grundreferenzspannung dient die Z-Spannung von  $D_4$ . Durch den Transistor  $T_3$  wird die Temperaturabhängigkeit der Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  ausgeglichen. Diese drei Transistoren sind thermisch gekoppelt.

Die verstärkte Differenzspannung gelangt zum Integrationskondensator  $C_5$ , der durch die Stromquelle ( $IS_2$ ,  $T_5$ ,  $R_{14}$ ) aufgeladen wird. Die Zeit vom Beginn der Ladung bis zum Nulldurchgang der Spannung am

Im folgenden wird ein einfaches, digital anzeigenndes Temperaturmesser mit einem Meßbereich von  $0...150^\circ\text{C}$  und einer Auflösung von  $0,1 \text{ K}$  vorgestellt. Es gestattet den Anschluß von zehn Fühlern, die über einen Schalter angewählt werden können.

Meßpunkt 2 errechnet sich nach der Formel

$$t = KU \quad \text{mit} \quad K = \frac{C}{I}$$

$C$  = Integrationskapazität;  $I$  = Konstantstrom;  $U$  = verstärkte Differenzspannung

Die Entladung des Kondensators geschieht durch den Transistor  $T_6$ , der durch  $T_4$  und den Taktgenerator  $IS_5$  angesteuert wird. Über den Verstärker  $IS_3$  und den Komparator  $IS_4$  wird der Nulldurchgang der Ladespannung des Integrationskondensators erfaßt und dem NOR-Gatter  $G_4$  zugeführt. An den zweiten Eingang dieses Gatters wird vom Taktgenerator  $IS_5$  der Takt herangeführt, so daß am Ausgang von  $G_4$  der Taktimpuls zur Verfügung steht (Meßpunkt 6). Er führt L-Pegel zwischen Beginn der Ladung des Integrationskondensators und dem Nulldurchgang der Ladespannung.

Die Beschaltung des Verstärkers  $IS_3$  mit der Z-Diode  $D_3$  verhindert ein Übersteuern des Verstärkers  $IS_3$ . Damit bleibt ein hoher Eingangswiderstand erhalten.

Die Gleichrichtung und die Regelteile für die  $\pm 13 \text{ V}$  sind konventionell aufgebaut.

Bild 2 zeigt die Zeitdiagramme zu den einzelnen Meßpunkten.

## Zähler (Bild 3)

Die mit einem astabilen Multivibrator ( $C_1$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $Q_1$ ) erzeugten und quarzstabilisierten 200 kHz werden auf den Clock-Eingang des bistabilen Multivibrators  $IS_1$  ge-

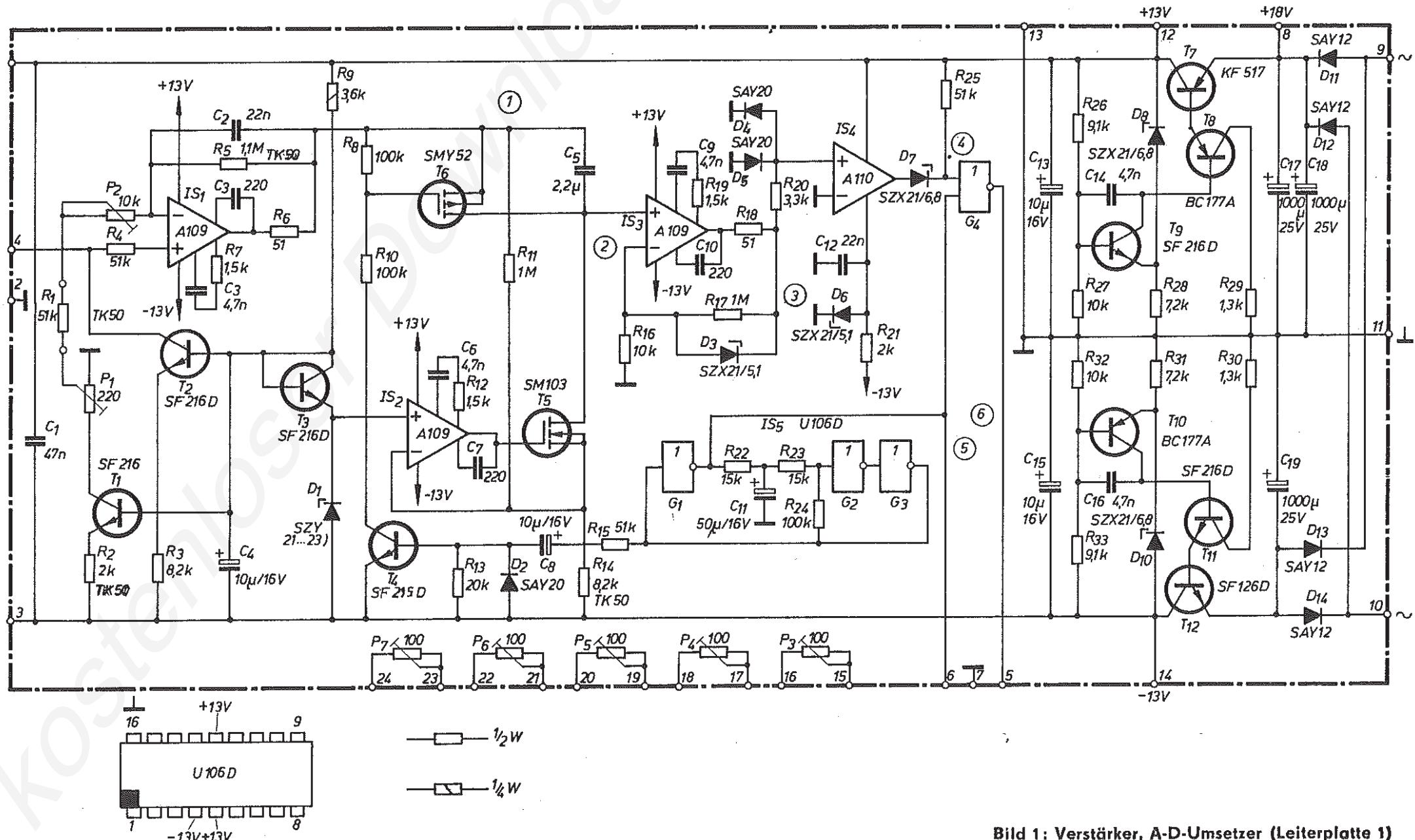


Bild 1: Verstärker, A-D-Umsetzer (Leiterplatte 1)

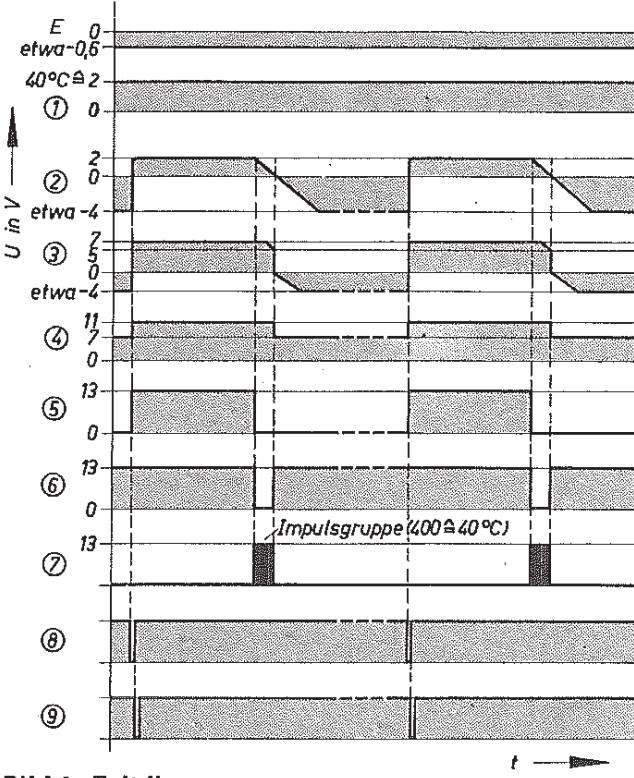


Bild 2: Zeitdiagramme

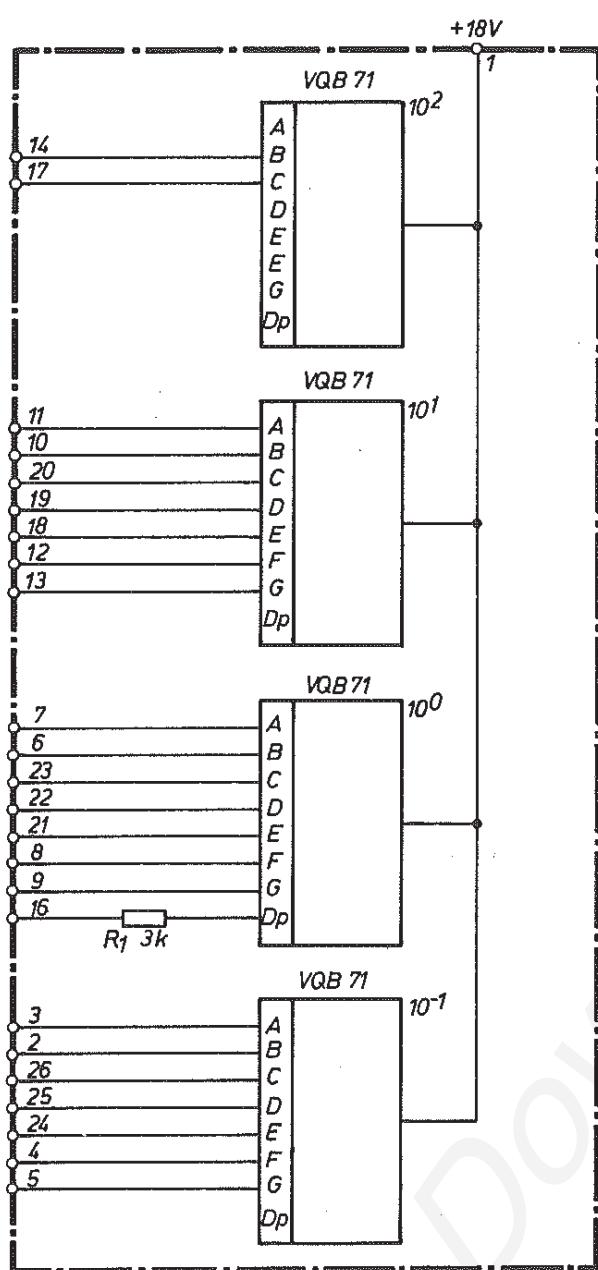


Bild 3: Zähler (Leiterplatte 2)

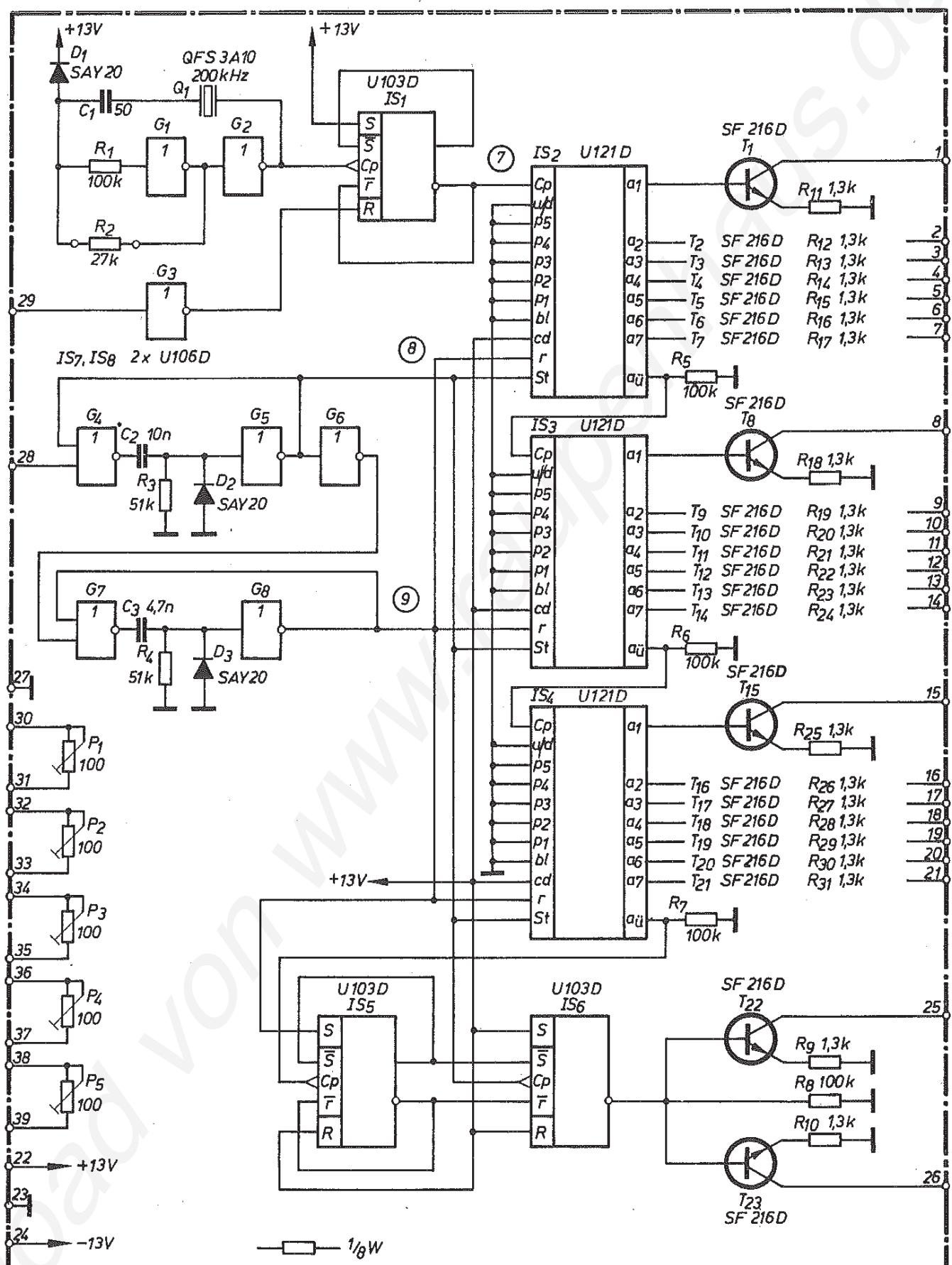


Bild 4: Anzeige (Leiterplatte 3)

Bild 5: Gesamtstromlaufplan

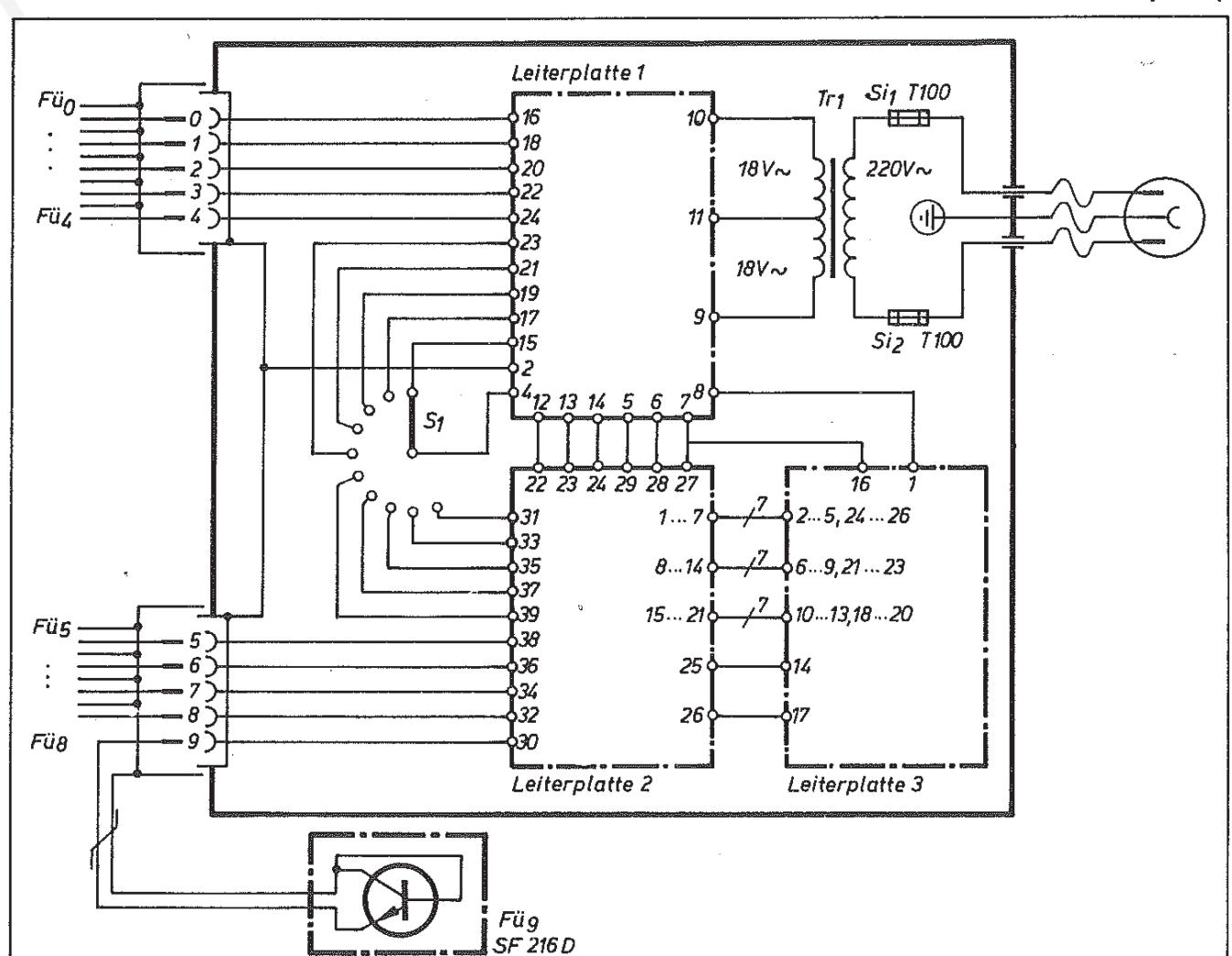


Bild 6: Innenansicht von oben mit Verdrahtung

geben und auf 100 kHz geteilt. Gleichzeitig dient dieser Multivibrator als Tor, das über das NOR-Gatter  $G_3$  durch den Torimpuls der Leiterplatte 1 angesteuert wird. Am Ausgang des Multivibrators  $IS_1$  stehen, da mit die 100 kHz nur für die Zeit der Toröffnung zur Verfügung. Diese Impulstruppe gelangt auf den Asynchronzähler, bestehend aus den Dekaden  $IS_2$ ,  $IS_3$ ,  $IS_4$  und dem Überlauf  $IS_6$ , wo sie gezählt und abgespeichert wird. Die Umspeicherung und Rücksetzung des Zählers wird mit Hilfe zweier aus dem Takt gewonnener Impulse erreicht (Meßpunkte 8: Umspeicherimpuls; Meßpunkt 9: Rücksetzimpuls).

Die vom Zähler für die Siebensegmentanzeige ausgegebene Information wird über die als Stromquelle geschalteten Treiber  $T_1$  bis  $T_{23}$  ausgegeben.

#### Anzeige (Bild 4)

Die von der Leiterplatte 2 kommende Zifferninformation wird durch die Lichtemitteranzeige VQB 71 ausgegeben. Der feste

Dezimalpunkt wird mit Hilfe des Widerstandes  $R_1$  erzeugt.

**Genaugkeitsbetrachtungen und Erfahrungswerte**

Die Temperaturabhängigkeit der ÜBE von Transistoren bei Temperaturnessungen wird im VEB Funkwerk Erfurt seit 1969 genutzt. Die aus dieser langen Nutzungsdauer resultierenden Erfahrungen zeigten, daß sich die Fühler über einen längeren Zeitraum ( $> 1$  Jahr) in ihrer Temperaturabhängigkeit, bezogen auf diesen Anwendungsfall, nicht feststellbar verändern und auch in ihrem Absolutwert in dem Bereich  $\Delta \vartheta = \pm 1$  K liegen. Die mit dem beschriebenen Gerät zu erreichenden Fehlergrenzen sind bei  $23^\circ\text{C} \pm 1$  K Umgebungstemperatur  $\pm 1^\circ\text{C}$  vom Meßwert  $\pm 1$  K über alle zehn Fühler gesehen. Ein einzelner Fühler kann allerdings durch Kalibrierung in die Fehlergrenzen von  $\pm 0,5$  K über den gesamten Bereich gezogen werden.

Für Konstanz und Genauigkeit gehen in einer Linie die Schaltungselemente des Verstärkers und der A-D-Umsetzung ein (Verstärkungsfaktor, Nullpunkt drift, Ladestrom). Eine weitere Fehlerquelle ist der Wärmewiderstand des Fühlers und der Wärmewiderstand des Prüfobjektes. So treten trotz der geringen Verlustleistung der Fühler von etwa 0,6 mW zwischen Messungen in ruhender Luft und an sehr gut wärmeleitenden Materialien Anzeigedifferenzen bis zu 0,5 K auf.

[1] Riva, G.: Siliziumtransistoren als Temperatur-

aufnehmer. Elektronik 16 (1967) H. 10, S. 317

bis 319

#### Literatur